

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПІДСТАНЦІЇ 35/10 кВ

Омельчук А.О., к.т.н., доцент, Кучманський Д.А., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Актуальність теми обумовлена, по-перше, неоднозначною оцінкою компенсація реактивної потужності (КРП), як енергоощадного заходу в електричних мережах електропостачальних організацій і, по-друге, перевантаженням електричних мереж, зокрема, районних трансформаторних підстанцій внаслідок зростанням електричного навантаження та низькою економічністю роботи цих підстанцій і мереж в цілому.

Мета роботи. Дослідження впливу компенсації реактивної потужності на пропускну здатність трансформаторних підстанцій та економічність їх роботи.

Матеріали дослідження. Зменшення реактивних перетікань за рахунок її компенсації, як відомо, дає такі позитивні наслідки:

- збільшення пропускної здатності мереж за умов експлуатації або забезпечення економії капіталовкладень завдяки зменшенню потужності трансформаторів, перерізу проводів та кількості комутаційного обладнання в умовах проектування;

- зменшення втрат електроенергії та, відповідно, загальної їх вартості;

- зменшення втрат напруги;

- покращення умов статичної стійкості вузлів навантажень.

Економічна оцінка компенсації реактивної потужності (КРП) тільки зменшенням втрат електроенергії суттєво знижує розрахункову економічну ефективність КРП, оскільки економічна оцінка збільшення пропускної здатності (або зменшення капіталовкладень у мережу) за рахунок КРП може дати більш значний ефект. Певні зусилля доцільно спрямувати на розроблення методик оцінки економічної ефективності зменшення втрат напруги та впливу КРП на статичну та динамічну стійкість вузлів навантажень. Як мінімум, зменшення втрат напруги можна оцінити виходячи з того, що підвищення рівня напруги в мережі на 1% зменшує втрати потужності на 2%.

Слід зауважити, що для мереж середньої напруги обґрунтувати економічно доцільність КРП тільки завдяки економії втрат електроенергії у більшості випадків не вдається.

Проаналізовано режим роботи районної підстанції до впровадження компенсації реактивної потужності.

Для дослідження впливу компенсації реактивної потужності на режим роботи електричної мережі розглянута районна трансформаторна підстанція напругою 35/10 кВ з двома трансформаторами типу ТМН-2500/35 і навантаженням $P=4930$ кВ·А і $Q=4216$ кВ·Ар, $\cos\varphi=0,78$. Як бачимо, підстанція працює з перевантаженням, тому окрім зниження втрат електроенергії в електричній мережі оцінимо вплив КРП на загальне навантаження підстанції та рівень напруги на шинах 10 кВ.

В [1] не враховано ряд позитивних наслідків і, відповідно, визначена економічна ефективність буде суттєво заниженою.

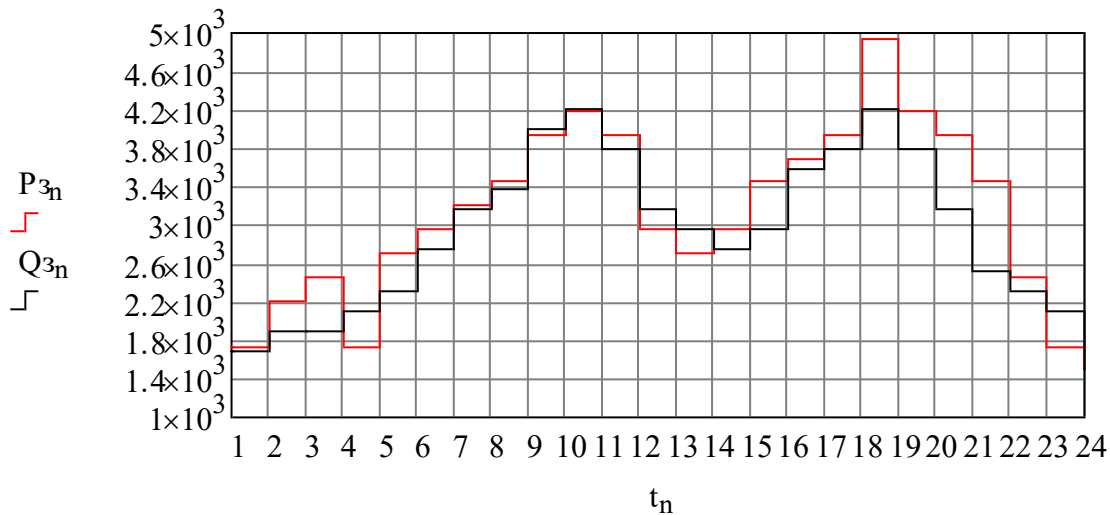


Рисунок 1 – Добові графіки навантаження районної трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ

Розглянемо задачу вибору потужності регульованої конденсаторної установки для підключення до шин 10 кВ трансформаторній підстанції напругою 35/10 кВ.

Оптимальна потужність конденсаторної установки напругою 10 кВ визначалась за мінімумом функції приведених затрат, котра включає вартість конденсаторної установки, втрати активної потужності в конденсаторах та втрати активної потужності від передачі реактивних перетоків в силових трансформаторах підстанції та мережі її живлення

Вираз приведених затрат для розрахунку цієї потужності КУ має вигляд [2]:

$$Z = \frac{(Q_p - Q_{ку})^2}{U^2 \cdot 10^3} \cdot R_{\text{сум}} \cdot c \cdot \tau_c + (a_c + b_c \cdot Q_{ку}) \cdot E \cdot \text{км} + \delta w_c \cdot c \cdot Q_{ку}, \quad (1)$$

де $Q_{ку}$ – потужність Куна шинах 10 кВ РТП, кВАр;

$R_{\text{сум}}$ – сумарний опір розподільної мережі 10 кВ, приведені до базової напруги U , Ом;

δw_c – питомі втрати електроенергії в конденсаторах батареї, кВт/кВАр;

км – коефіцієнт, котрий враховує вартість будівельно-монтажних робіт для КУ;

a_c, b_c – коефіцієнти апроксимації вартості КУ від її потужності;

τ_c – час максимальних втрат активної потужності в мережах системи, год;

Δr_c – питома частка втрат активної потужності в конденсаторних батареях;

c – вартість 1 кВт год електроенергії на оптовому ринку, грн/кВт·год;

Похідна функції затрат по змінній $Q_{ку}$ дає рівняння:

$$\frac{-1}{500} \cdot \frac{Q_p - Q_{ку}}{U^2} \cdot R_{\text{сум}} \cdot c \cdot \tau_c + b_c \cdot E \cdot \text{км} + \delta w_c \cdot c = 0$$

E – сумарний коефіцієнт річних відрахувань протягом експлуатації конденсаторної батареї.

Рішенням рівняння є величина потужності КУ для встановлення на шинах

10 кВ РТП:

$$Q_{ky} = -500 \cdot \left(\frac{-1}{500 \cdot U^2} \cdot R_{\text{сум}} \cdot c \cdot \tau_c \cdot Q_p + b_c \cdot E \cdot k_M + \delta w_c \cdot c \right) \cdot \frac{U^2}{R_c \cdot (c \cdot \tau_c)}, \quad (2)$$

Річний економічний ефект:

$$\delta Z_{\text{РТП}} := C_{\Sigma 2} - \left[(a_c + b_c \cdot Q_{ky}) \cdot E \cdot k_M + \delta w_c \cdot c \cdot Q_p \right], \quad (3)$$

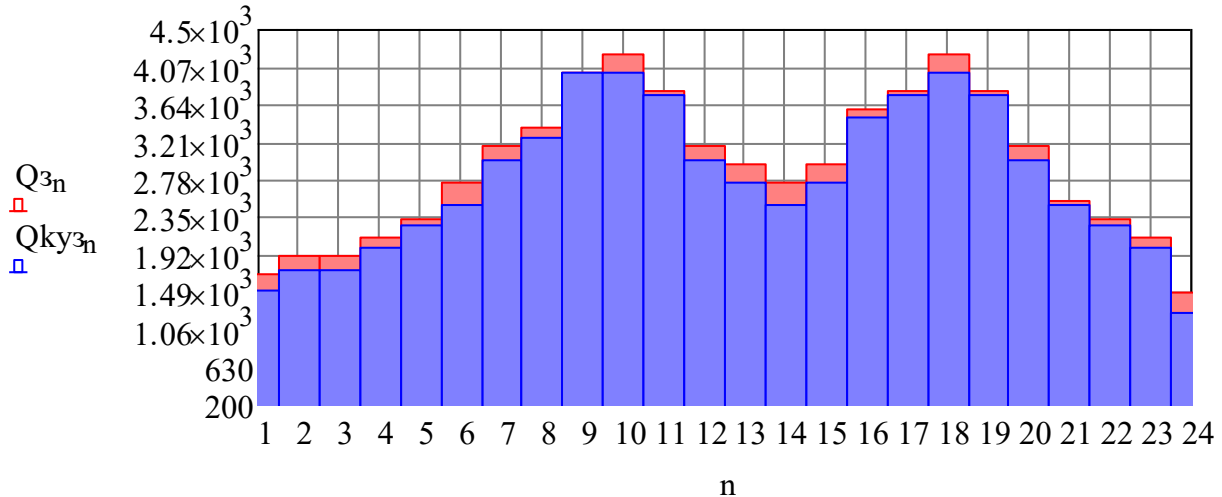


Рисунок 2 – Графіки реактивних навантажень підстанції і потужності конденсаторної установки

Зниження повного навантаження підстанції внаслідок компенсації реактивної потужності (у % до існуючого навантаження):

$$\Delta S_{3n} := \frac{S_{3n} - S_{\text{ком}3n}}{S_{3n}} \cdot 100, \quad (4)$$

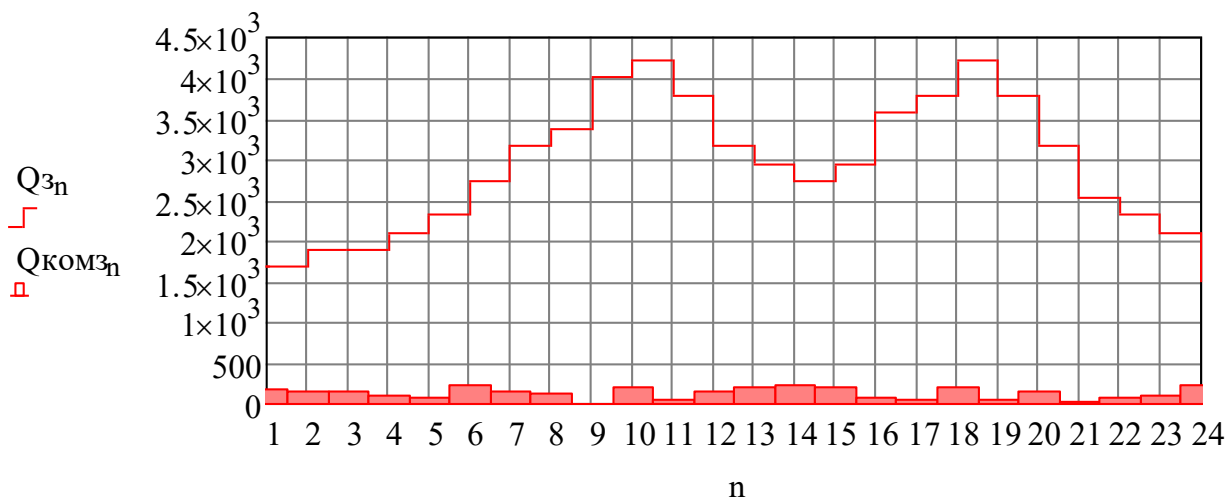


Рисунок 3 – Графіки реактивного навантаження підстанції до і після його компенсації

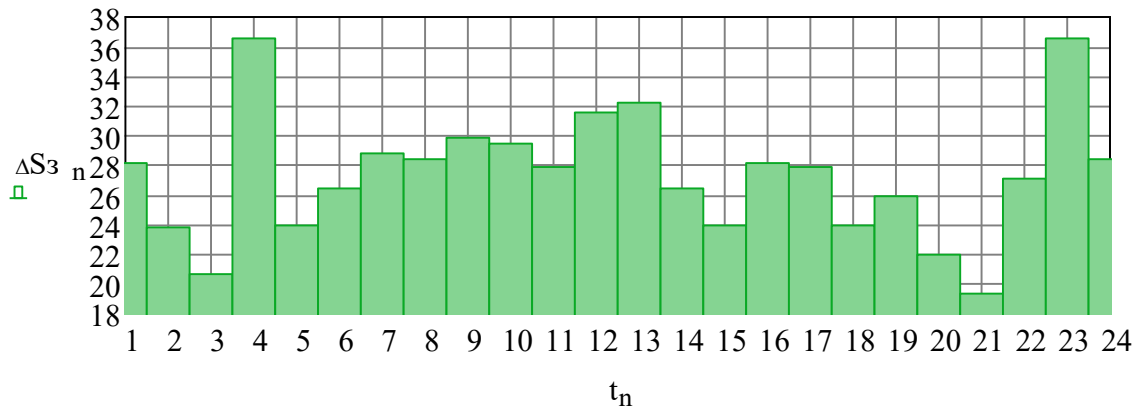


Рисунок 4 – Зниження (%) повного навантаження підстанції внаслідок компенсації реактивної потужності

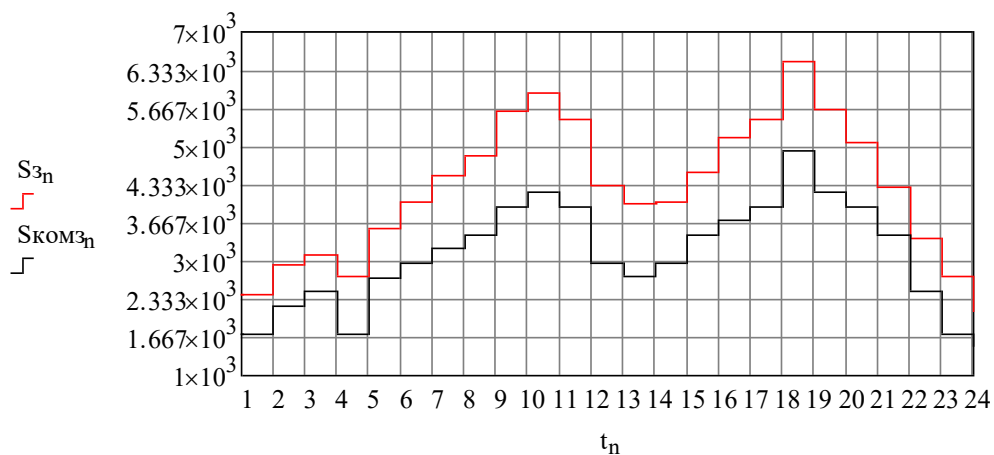


Рисунок 5 – Графік повного навантаження підстанції до і після компенсації реактивної потужності

Висновки. Для збільшення пропускної здатності підстанції без її реконструкції доцільно застосувати компенсацію реактивної потужності за допомогою регульованої конденсаторної установки. Зниження повного навантаження підстанції внаслідок КРП в різні періоди доби становить від 20 до 37 % розрахункового навантаження. Коефіцієнт потужності добового навантаження збільшився від 0,76 до 0,99. Окрім збільшення пропускної здатності підстанції, компенсація реактивної потужності забезпечить розвантаження і всієї електричної мережі живлення цієї підстанції, та призведе до зменшення технологічних витрат електроенергії на її транспортування.

Перелік посилань

1. Економічно доцільні обсяги реактивної електроенергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача). Методики визначення (проект галузевого керівного документу) // Розподільчі електромережі. Інформаційний збірник "Укрсіленьергопроект". – 2003. – №4. – С. 12-36.
2. Омельчук А.О. Енергозберігаючі режими в системах електропостачання: Навч. посібник / А.О.Омельчук. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 257 с.